



6CFE01-542

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

La biomasa forestal aplicada a la obtención de energía térmica como base para el desarrollo rural de zonas desfavorecidas. Aplicación en el municipio de El Espinar, Segovia

VIGNOTE PEÑA, S¹.; AMBROSIO TORRIJOS, Y¹.; LOZANO PIEDRAS, R².; MARTÍN LARRAÑAGA, M².; MARTÍNEZ ROJAS, I.¹- LEITE, A. M.³

¹ Departamento de Economía y Gestión forestal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n 28040 Madrid, santiago.vignote@upm.es

² Heat4u.

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM, Brasil.

Resumen

España (FAO 2012) ha pasado de consumir más de 10 Mm³ de leña a principios de la década de los 60 a valores de poco más de 1,5 Mm³ en este siglo, provocando numerosos problemas medioambientales, como es el aumento de combustibles en el monte y con ello el peligro de los incendios forestales, aunque también ha favorecido la incorporación de materia orgánica al suelo forestal.

La biomasa forestal con fines energéticos térmicos se muestra como una alternativa técnica y económicamente viable, sin necesidad de aplicar ningún tipo de subvenciones, que permite sustituir los combustibles fósiles, dejando el valor añadido de estos en facilitar el desarrollo rural, además de reducir las emisiones de CO₂, el riesgo de incendios y proporcionar valor añadido en las zonas forestales, ya de por si deprimidas.

Se expone el caso desarrollado en el municipio de El Espinar, en donde se ha estudiado la oferta real de biomasa forestal de los montes propiedad del municipio y la demanda energética térmica en los edificios de uso públicos, los costes de utilización de calderas de biomasa en esos edificios y la aceptación social de los posibles cambios que deberían introducirse para poder utilizar la biomasa como combustible en las calderas.

Palabras clave

Participación ciudadana, estimación de recursos de biomasa, estimación de necesidades energéticas, costes de aprovechamiento, costes de calderas, costes energéticos térmicos, Sistemas de Información Geográfica

1. Introducción

La biomasa forestal es la fuente energética térmica tradicional del hombre desde que maneja el fuego. Con la aparición del butano a mediados de los años 60 del pasado siglo, la leña ha empezado a declinar su uso en favor de los combustibles fósiles, fundamentalmente en edificios públicos, edificios comunitarios, y empresas de servicio e industriales, quedando únicamente la vivienda unifamiliar como principal consumidor de leñas.

Las nuevas políticas energéticas y medioambientales, que nacieron en la década de los 90 (IDAE, 1999) están convirtiendo el combustible biomasa forestal en un elemento esencial de las políticas energéticas tanto en los países desarrollados como en desarrollo. La biomasa forestal es un recurso renovable con múltiples ventajas ambientales y socioeconómicas.

En términos socioeconómicos, la extracción, transformación y utilización de la biomasa genera empleo, particularmente en zonas rurales, que en caso contrario son abandonadas, lo que unido a la falta de aprovechamiento de los montes, provoca la acumulación de combustible forestal y un aumento de riesgo de incendio (ARAGONES, 2007). En términos económicos, la biomasa forestal es un combustible cuyo precio apenas está sometido a las fluctuaciones del precio de los carburantes. Cuanta más cara están las energías fósiles, más competitiva es la biomasa forestal.

Se han realizado numerosos estudios sobre evaluación de recursos, normalmente en un ámbito muy extenso, no a nivel municipal: UBEDA (1995) analiza los recursos de Castilla León, NÚÑEZ-REGUEIRA (2002) de Galicia, a un nivel más amplio ESTEBAN *et al* (2006) desarrolla un software, que tras seleccionar el punto instale un centro de bioenergética, calcula en un radio de acción la biomasa residual y el coste de aprovechamiento o KARJALAINENE, (2004) que evalúa los recursos de toda Europa.

KUISMA *et al* (2010) señala que en los proyectos de biomasa de aplicación práctica requieren datos exactos sobre los recursos disponibles y de los intereses de la población, que deben ser estudiados y analizados individualmente para evitar el fracaso del proyecto.

MASERA *et al*, (2006) desarrolla un estudio de las posibilidades energéticas en el ámbito local, promoviendo el desarrollo local y la valorización de la biomasa, para lo que emplea un GIS de apoyo al estudio que permite analizar el balance entre la oferta y la demanda, permitiendo establecer áreas prioritarias o puntos calientes bajo diferentes escenarios.

2. Objetivos

Analizar la viabilidad económica y social de la utilización de la biomasa forestal existente en los montes de titularidad pública del municipio de El Espinar, Segovia, para cubrir parte de sus necesidades energéticas de calor, que sirva de referencia para poder trasladar los resultados a otros municipios.

3. Metodología

El **ámbito de estudio** está en el municipio de El Espinar (Segovia) tiene 19.500 ha de superficie forestal y de estas 7.225 ha son bosques del Catálogo de Utilidad Pública a los que se va a referir este estudio. La población es de 9.217 personas, con mucha población turística.

Los bosques están divididos en 7 montes ordenados por el método *Tramo móvil*, con 319 rodales, tratados mediante el método de Aclareo Sucesivo Uniforme, con un turno de 120 años. Están poblados fundamentalmente por masas de *Pinus sylvestris* L. y en menor medida con *Quercus pyrenaica* Willd. La posibilidad anual es de 16.346 m³. Las cortas de regeneración han sido aprovechadas en el aserradero municipal (Maderas El Espinar S.A.). Las cortas intermedias de mejora, fundamentalmente las primeras claras, requieren inversión ya que los costes de aprovechamiento superan el valor de la madera, lo que ha dificultado su realización. El aprovechamiento de biomasa se presenta como una solución a este problema.

El cálculo de la oferta de biomasa para el decenio 2.011-2.020 se realiza en base a los documentos técnicos sobre los montes (Apeo de rodales de los Proyectos de Ordenación de los montes). Se generó una base de datos para cada uno de los 319 rodales con los principales datos dendrométricos recogidos en el libro anteriormente indicado.

Las existencias de biomasa arbórea total se determinaron aplicando las ecuaciones dendrométricas de MONTERO *et al* (2005). La posibilidad anual de biomasa, para cada año del siguiente decenio 2.011-2.020, se determinó acorde a la siguiente pauta:

- Se excluyeron los rodales con función protectora y los situados en altitud superior a los 1.500-1.550 m.
- El resto de rodales se mantuvo en la misma clase de tramo que fue asignado en la revisión del año 2.000, dado que el periodo de regeneración asignado a los montes es de 20 años. Los criterios de actuación preferente, de acuerdo con los gestores, son rodales en los que se tenía previsto actuar en el decenio 2.001-2.010 y que no se ejecutaron y aquellos rodales en los con el diámetro medio cuadrático y el área basimétrica se acerquen más al ideal de las tablas de producción de calidad media del pino silvestre en la sierra de Guadarrama (ROJO, 1996).
- En pendientes, del terreno del rodal, superiores al 30% no se calculó la biomasa de las copas como aprovechable, dado que deben permanecer en el monte para cumplir una labor de freno de la erosión.
- En las cortas de mejora se propuso un peso de corta de 1/3 del Área Basimétrica, distribuidas, 2/3 en pies menores y 1/3 en pies mayores.
- En cortas de regeneración se propusieron cortas en dos tiempos, el primero de 2/3 del Área Basimétrica, y el segundo del resto, dejando 10 pies/ha de protección.
- Para todos los rodales con árboles de diámetro medio de corta inferior a 20 cm, se asignó como único destino, tanto del fuste como de la copa, el de biomasa, denominándose “Biomasa Forestal Competitiva” (BFC). En el resto de rodales se consideró BFC los pies con diámetros menores a 20 cm, los de mayores diámetros se consideró sólo la biomasa de las copas, denominándose “Biomasa Forestal Residual” (BFR), considerándose que toda la madera tendría como destino el aserradero.

El cálculo de los costes de aprovechamiento, transporte y preparación de la biomasa se evaluó tras digitalizar toda la infraestructura de transporte y cargaderos. La organización de los trabajos y los medios empleados se establecieron en función del tipo de biomasa, BFC y BFR y de la clase de pendiente del terreno, de acuerdo con las experiencias propias de la Universidad Politécnica de Madrid o de otros equipos de trabajo que funcionan en España (TOLOSANA, 2009).

El cálculo de la demanda energética y coste de sustitución se centró en los edificios públicos del ayuntamiento de El Espinar (Segovia) que fueron visitados uno a uno elaborando una ficha técnica de cada lugar. La clasificación de grupos de edificios es la siguiente:

- Grupo 1: Edificios de uso público, en los que se ha estudiado en profundidad todos los aspectos técnicos, financieros, sociales y de rentabilidad, las posibilidades de sustitución las calderas anteriormente existentes por las calderas de biomasa de forma que sirva como ejemplo demostrativo para el resto de los edificios del municipio.

- Grupo 2: Industrias, polígonos industriales y comunidades de propietarios, en los que se ha analizado de forma orientativa la posibilidad de sustitución de calderas en edificios con gran cantidad de demanda energética, diferenciando entre instalaciones preexistentes y nuevos desarrollos.
- Grupo 3: Viviendas unifamiliares, pequeñas empresas y locales comerciales, en que entran el resto de edificios del municipio con el objetivo de ofrecer una alternativa sostenible y rentable a los propietarios de forma que se complete el modelo energético sostenible propuesto. En este caso tan solo se dimensiona su capacidad de sustitución en números generales.

Para evaluar el coste de sustitución de calderas se ha seguido los mismos componentes que para la determinación del coste horario de la maquinaria de aprovechamiento, aunque se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos: subvenciones a la compra e instalación de calderas del 40%, amortización en 10 años, horas de trabajo anual 1.000 h y coste de reparaciones y mantenimiento del 35% del coste de amortización, resultando un coste horario sin incluir ni el personal (que será el mismo que antes de la sustitución) ni el combustible.

En el **análisis de los sectores sociales afectados**, tras identificarlos, se han realizado reuniones individuales en las que se ha utilizando la metodología denominada Tormenta de Ideas (OSBORN, 1953), herramienta que fue creada para generar múltiples ideas dentro de un equipo de trabajo, pero que también se aplica en la identificación de los problemas de gestión que pueden surgir ante una nueva iniciativa, hallando, a través de una intervención participativa, la mejor decisión de grupo para un plan de acción que lo solucione.

Para el desarrollo del estudio se ha tenido en cuenta los resultados de KUISMA (2010), y por ello se ha tratado individualmente cada uno de los intereses que cada sector involucrado en el proyecto pudiera verse afectado. Los sectores identificados son los siguientes:

- Gestores forestales, que deben asumir los cambios de venta de la madera, y en particular, deben desestimar la realización de señalamientos en las cortas intermedias y sustituirlas por pliego de condiciones técnicos altamente descriptivos.
- Guardería forestal, que deben asumir los conocimientos para el control de las cortas intermedias de acuerdo a los nuevos pliegos de condiciones técnicas que se establezcan.
- Personal de monte, que debe adquirir maquinaria forestal de elevada inversión y debe cambiar los procedimientos de trabajo.
- Las empresas de transporte que deben realizar cambios en sus equipos, en particular, en la caja y en la grapa de las grúas.
- Las empresas de suministro de gasoil y gas, que deben ampliar su ámbito de materias primas que distribuye y adaptar sus equipos al nuevo material que incorpora.
- Las empresas de mantenimiento de calderas que deben adaptarse a los nuevos equipos de biomasa y a sus particularidades técnicas.
- El personal que maneja las calderas, que debe adaptarse a los nuevos tipos de calderas con las particularidades, sobre todo en limpieza, que ello conlleva.

Por último, se hizo una reunión conjunta de todos los sectores en donde se expusieron los problemas de cada sector y las posibles soluciones que se podrían abordar, buscando la conciliación de intereses enfrentados y la visión conjunta de aceptación social del proyecto.

El **análisis de viabilidad económica** se ha hecho comparando los costes de consumo de combustibles fósiles anuales de las calderas actuales, pasados a costes horarios, y los costes horarios que tendrían las nuevas calderas de biomasa, calculando la suma de los costes de amortización, intereses, mantenimiento y reparaciones, conforme a la metodología anteriormente indicada, mas los costes del consumo de biomasa preparada puesta en la caldera.

Respecto de las nuevas calderas, se ha supuesto que las calderas de biomasa tienen la misma potencia máxima efectiva que las calderas de gasoil que se pretenden sustituir.

Para el cálculo del coste de la biomasa puesto en la caldera, se ha supuesto que este es la suma del coste de aprovechamiento, mas el de aprovisionamiento al centro de preparación, mas los costes de preparación de la biomasa incrementado en el beneficio empresarial y mas los costes de distribución. En ningún caso se ha considerado valor de los residuos ni de la madera en pie

En cuanto al valor energético de la biomasa se ha supuesto que el poder calorífico superior del pino silvestre es de 21,100 MJ/kg, (14,957 MJ/kg al 25% en base húmeda, 4,188 kWh), y el del fuel calefacción de 42275 kJ/kg (11,837 kWh) y del gas natural 53600 kJ/kg (IDAE, 1999). También que la relación entre el rendimiento de la caldera de gasoil y la biomasa es de 1,28. El coste del gasoil calefacción es de 900 €/t.

4. Resultados

Oferta de biomasa: La estimación de las existencias de biomasa disponible aparece recogida en la Tabla 1. La posibilidad de BF (PBF) por monte para el decenio 2010-2020 y en t secas (t_s) diferenciando la procedente de cortas de regeneración (PBFR_r), las de cortas de preparación y mejora residuales (PBFR_p) y competitivas (PBFC_p) aparece en la Tabla 1.

Tabla 1: Existencias de biomasa total por monte, en t secas (t_s) posibilidad de BF por monte para el decenio ordinario (2.010-2.020) (ts).

Monte	Existencias totales (t_s)	%	PBFR _r (t_s)	PBFR _p (t_s)	PBFC _p (t_s)	PBF (t_s)
138	324.015	29,99	3191	752	741	4684
139	46.033	4,26	0	43	56	99
141	83.641	7,74	1109	3215	5678	10003
144	514.974	47,67	6631	7229	7830	21690
145	25.211	2,33	0	48	389	437
148/2	87.383	8,09	885	4768	8417	14072
Total	1.080.357	100	11817	16055	23112	50985

La posibilidad total de biomasa forestal para las cortas de regeneración, preparación y mejora previstas en el Proyecto de Ordenación es de 23.111,69 t_s . Si se consideran las cortas a realizar hasta el 2.020 se obtendrían 50.984,60 t_s .

- Costes de aprovechamiento, transporte, preparación y distribución de la biomasa: En la Tabla 2 se establece, por Monte, tanto la posibilidad teórica como la posibilidad económicamente rentable y sus costes de aprovechamiento.

La disponibilidad de biomasa que se indica en la Tabla 1 es solo la posibilidad teórica, dado que, en algunos casos, los costes de aprovechamiento la hacen económicamente inviable

su aprovechamiento. Por eso se ha considerado que toda la biomasa cuyos costes de aprovechamiento y transporte hasta el aserradero en toneladas verde sean superiores a 48 €/t_v no sean aprovechados (tras sondear a las empresas implicadas en el sector y que comprarían la biomasa).

Tabla 2: Posibilidad de corta para el decenio ordinario (2.010-2.020) previsto por el Plan de Ordenación, monte, clase de biomasa, y por la viabilidad económica de su aprovechamiento.

Monte	PBFC viable t _s	PBFR viable t _s	PBF viable t _s	Coste BF (€/t _v)	Coste BFC (€/t _v) pendiente media rodal <30%	Coste BFC (€/t _v) pendiente media rodal 30-50%
138	647	1.605	2.252	20,88	20,32	35,66
139	56	39	95	24,29	21,05	29,86
141	5.649	4.252	9.901	24,31	23,25	42,57
144	6.427	4.401	10.828	24,54	20,27	46,93
145	310	48	358	27,13	25,00	27,13
148/2	7.200	5.180	12.380	21,4	21,31	No hay
Total	20.290	15.524	35.814	24,44	21,08	30,24

La posibilidad total del decenio viable económicamente es de 35.814 t_s, que equivalen a 71.629 t_v o a 47.752 t_{25%} (toneladas de biomasa al 25% de humedad sobre base húmeda). Los costes medios de apeo, elaboración y transporte son de 24,44 €/t_v, que expresado en t_{25%} resulta 32,57 €/t_{25%}.

En la Figura 1 se indican para cada rodal los costes de la biomasa puesta en el aserradero.

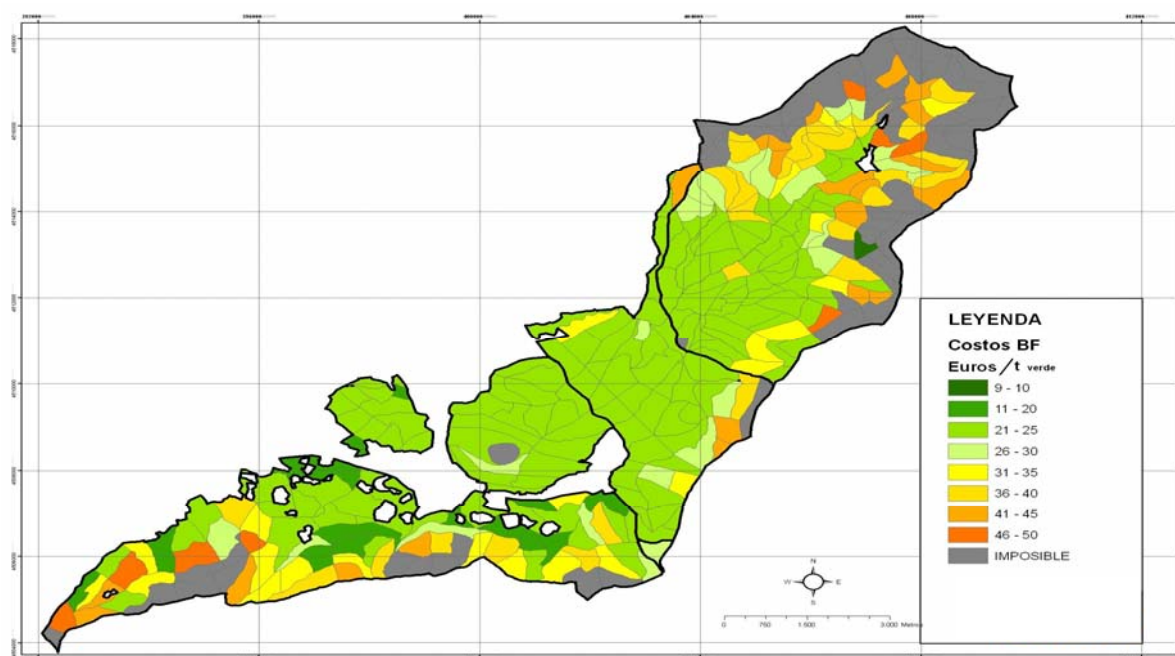


Figura 1: Rango de costes de aprovechamiento y transporte al aserradero de la Biomasa Forestal (BF) en €/t verde por rodal.

Los costes anuales de preparación y oreo en el aserradero son de 105.794 € que añadido al Beneficio Industrial, resulta un coste por $t_{25\%}$ de 30,36 € que unido al coste de aprovechamiento y transporte y los costes de distribución hasta el depósito de calderas, resulta un total de 71,42 €/t_{25%}., que es el coste sin IVA al consumidor final.

- **Demanda energética y coste de sustitución:** Las características más importantes de la demanda energética del municipio según los grupos de edificios establecidos se indican en la Tabla 3.

Tabla 3- Características de la demanda energética según grupos de edificios.

Grupo	Tipo	Demanda energética kWh/año	Consumo anual de gasoil t/año	Demanda energética	Necesidades de consumo de astilla $t_{25\%}$ /año equivalente	Necesidades astilla según consumo gasoil $t_{25\%}$ /año
1	Uso público	1.450.553	135,1	1.599.653	443	489
2	Industria	2.150.000	214,6	2.540.417	657	776
	Comercio	5.050.000	504,1	5.967.031	1543	1.824
3	Doméstico	61.800.000	6169,0	73.022.268	18.888	22.318

En la Tabla 4 se detallan las características de las calderas de los edificios del grupo 1. De acuerdo con ello, la demanda total energética de los 16 edificios posibles de calefactar mediante biomasa se puede cifrar en 3.153 kWh, que demandan 1,2 GWh, lo que supone una demanda de astilla de 489 $t_{25\%}$ /año, es decir, apenas el 10% de la oferta estimada.

Tabla 4: Características de las calderas de biomasa a instalar en cada edificio público, y análisis económico.

Código del edificio	Potencia instalada kWh	Demanda energética (kWh/año)	Consumo de gasoil t/año	Coste horario combustible consumido (€/h)	Inversión caldera biomasa (€)	Consumo BF $t_{25\%}$ /año	Coste horario calderas biomasa (€/h)
1	90	39.060	3,3	3,0	18.000	11,94	2,42
2	46	45.517	3,8	3,5	10.200	13,91	1,88
3	138	44.600	3,8	3,4	25.000	13,63	3,15
5 y 6	632	242.571	20,5	18,4	101.000	74,14	14,08
7	57	21.588	1,8	1,6	12.500	6,60	1,56
8	228	53.281	4,5	4,1	41.000	16,28	4,73
9	300	120.023	10,1	9,1	50.600	36,68	7,02
10	46	39.060	3,3	3,0	10.200	11,94	1,74
11	371	82.736	7,0	6,3	63.100	25,29	7,30
12	505	327.600	27,7	24,9	86.000	100,13	14,63
13	350	127.773	10,8	9,7	59.200	39,05	7,94
14	148	69.239	5,8	5,3	28.000	21,16	3,95
15	90	44.608	3,8	3,4	18.000	13,63	2,54
17	152	192.897	16,3	14,7	28.900	58,96	6,72
TOTAL	3153	1.450.553	122,5	110,3	551.700	443,34	79,66

Respecto de la demanda, tal como se indica en la tabla 3, su potencial supera las 25 mil $t_{25\%}$ /año de astillas, cifra que demuestra la existencia de mercado de la biomasa ofertada.

- **Análisis de los factores sociales involucrados:** Los problemas sociales detectados en cada uno de los sectores involucrados se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5 – Problemas indicados por actores implicados en el tema de la biomasa.

	Inversión	Formación	Pérdida mercado	Valoración global
Gestores forestales	No	Si	No	Aceptable
Guardería forestal	No	Si	No	Aceptable
Personal de monte	Si	Si	No	Muy buena
Empresas de transporte	Si	No	No	Muy buena
Empresas de suministro de gasoil y gas	Si	No	Si	Primero negativa, luego muy buena
Empresas de mantenimiento de calderas	No	Si	No	Buena
Personal que maneja las calderas	No	Si	No	Aceptable

En general, el punto de vista social cambió a lo largo de las distintas reuniones, siendo destacable el caso de las empresas de suministro de gasoil, que pasaron de tener una visión negativa del proyecto a una visión muy aceptable, ante la perspectiva de posicionarse en un sector con muchas perspectivas de futuro.

Debe destacarse también las necesidades formativas que se dedujeron de las reuniones y el interés en participar en ellas.

- **Análisis de viabilidad económica:** La sustitución de las calderas de gasoil por las de biomasa es rentable (Tabla 4) salvo en los edificios 8 y 11 (por el escaso número de horas medias de funcionamiento anual).

El coste total anual de funcionamiento de las calderas de biomasa sería de 39.496 € frente a los 65.525 € que cuestan las actuales de gasoil (excluyendo la sustitución de calderas no rentables), es decir, que los costes se reducirían un 39,7%.

Si, como es previsible, se extiende la sustitución de calderas a los otros grupos considerados, es fácil pensar que en un plazo relativamente corto se sustituyan parte de las calderas actuales por calderas de biomasa, hasta completar la oferta de esta materia prima, sustituyendo un total de 1.320 t de gasoil calefacción por los 4.775,2 t_{25%} de BF, consiguiendo un ahorro de calefacción de 375.000 €/año.

Los beneficios obtenidos no solo serían económicos sino también ambientales y sociales. Ambientales, porque el desarrollo del proyecto permitiría realizar todas las cortas de mejora que hoy día apenas se realizan por la falta de rentabilidad y además es de importancia ambiental el evitar que se utilicen 1.320 t de gasoil, con lo cual en vez de emitirse 3.000 t de CO₂ las emisiones se reducirán a apenas 300 t de CO₂ (las derivadas por las actividades de aprovechamiento, transporte, preparación y distribución de la BF). Por último el aspecto social es también muy importante pues el desarrollo del proyecto permite generar 1,5 empleos fijos además de 350 jornales anuales (200 en los aprovechamientos forestales, 100 en el transporte y 50 en la distribución).

5. Conclusiones

La utilización de la biomasa para resolver los problemas energéticos locales tiene la indudable ventaja de reducción de los costes de transporte de forma que se puede compensar los elevados costes que suponen la preparación de cantidades de biomasa relativamente pequeñas, permitiendo que la biomasa sea altamente competitiva, no solo con la calefacción tradicional de gasoil, sino con la sustitución de calderas ya existentes.

Es imprescindible el análisis social de los cambios introducidos, siendo la única forma de sensibilizar a la población y convertir a esta en uno de los elementos importantes para efectuar los cambios.

En el caso de la aplicación concreta del sistema al municipio de El Espinar resulta claramente positiva, pues se estima un coste de la biomasa puesta en la caldera de 71,42 €/t_{25%}, coste 12,6 veces menor que el gasoil calefacción, lo que ha permitido que sea rentable la sustitución de casi todas las calderas actuales por calderas de biomasa, pudiendo reducir el gasto energético en casi un 40%.

La consideración de los aspectos sociales fue muy positiva, pues la motivación permitió que los grupos sociales que en un principio parecían perjudicados acabasen siendo impulsores del proyecto.

La ejecución del proyecto puede suponer mejoras ambientales y económico-sociales importantes para todo el municipio.

6. Bibliografía

ARAGONESES, C.; SENDÍN, R.; 2007 El uso de biomasa Forestal con fines energéticos. Sus implicaciones antes el cambio climático y los incendios forestales.

http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007/contributions/doc/SESIONES_Tematicas/ST1/Aragoneses-Sendin_SPAIN_Tragsatec.pdf

FAO 2012 <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=626&lang=es#ancor>

IDAE, 1999. Plan de fomento de la utilización de residuos forestales y agrícolas con fines energéticos. 1999.

<http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/8596.pdf>

KARJALAINENE, T. et al, 2004. Estimation of Energy Wood Potential in Europe. METLA.

KUISMA, M., ARO-HEINILÄ E., E. LEHTONEN, TUOMISTO J., KAHILUOTO H.; 2010. Biomass resources - towards a method for small-scale assessments Innovation and Technologies Transfer

MASERA, O; GHILARDI, A.; DRIGO R.; TROSSERO M.A.; 2006, WISDOM: A GIS-based supply demand mapping tool for woodfuel management. Biomass Bioenergy, Elsevier

MONTERO, G, RUIZ-PEINADO, R, MUÑOZ, M. 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. INIA Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria y Ministerio de Educación y Ciencia.

NUÑEZ-REGUEIRA, L. et al, 2002. "Energy evaluation of forest residues originated from Eucalyptus globulus Labill in Galicia." Bioresour. Technol., 2002 Mar; 82(1):5-13.

OSBORN, ALEX (1953). Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving. New York: Charles Scribner's Sons.

PATÍÑO JF, SMITH R. 2008. Consideraciones sobre la dendroenergía en un enfoque sistémico. Revista Energética 2008; 39:19–34.

ROJO, A. Y MONTERO, G. (1996): El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

TOLOSANA E.; 2009 Manual técnico para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal. Ed FUCOVASA-Mundi-Prensa, Madrid, 348 p.

UBEDA, J. Y ANTOLÍN, G., 1995. "Energy possibilities from forest residues in the region of Castilla y León in Spain. Biomass Bioenergy; Volume 8, Issue 1, 1995, Pages 21-28.